



TITLE:

Storong Coupling Meson Theory and Its
Implications for the Spectrum and Structure
of Nucleons(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Wakano, Masami

CITATION:

Wakano, Masami. Storong Coupling Meson Theory and Its Implications for the Spectrum and Structure of Nucleons. 京都大学, 1965, 理学博士

ISSUE DATE:

1965-03-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/211527>

RIGHT:

| | |
|-----------|---|
| 氏 名 | 若 野 省 己 |
| | わか の まさ み |
| 学 位 の 種 類 | 理 学 博 士 |
| 学 位 記 番 号 | 論 理 博 第 92 号 |
| 学位授与の日付 | 昭 和 40 年 3 月 23 日 |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当 |
| 学位論文題目 | Strong Coupling Meson Theory and Its Implications for the Spectrum and Structure of Nucleons (強結合中間子論と核子のスペクトラムと構造に対するその意味) |
| 論文調査委員 | (主 査) 教 授 林 忠 四 郎 教 授 湯 川 秀 樹 教 授 小 林 稔 |

論 文 内 容 の 要 旨

最近 π 中間子と核子の散乱の実験において多数の共鳴準位が見出されている。これらの共鳴準位は、極めて不安定な新種の中間子ならびに核子の新しい励起状態の存在を示すものと考えられている。これらの共鳴状態を対称性に従って群論的に分類する理論はかなりの成功を収めているが、その背後にあって共鳴状態を定めるような力学的な機構はまだ明らかにされていない。ところで、上の散乱現象において、入射中間子のエネルギーが高く、しかも核子に与えられる運動量が小さい場合には、入射中間子と核子のまわりの仮想中間子との直接的な相互作用が重要な役割を演ずるものと考えられる。また、最近の核子—核子散乱の実験結果は、この際一個の仮想中間子だけでなく多数の仮想中間子をも同時に考慮に入れるような理論が必要なことを示している。この点に注目すると、これまでとくに取り上げられなかった強結合中間子論の立場で、核子と中間子の散乱現象がどの程度まで説明できるかを明らかにしておくことは重要なことと思われる。

著者の主論文は、上の目的のもとに強結合中間子理論を再検討することによって、核子の励起状態の統一的な説明を試みたものである。まず、Pauli-Dancoff 理論における新しい力学変数の物理的な内容を明らかにするとともにこれらの変数のとりうる変域を定めている。ついで、Pauli-Dancoff 理論を一歩進めた Pais-Serber の形式を用いて、中間子—核子系の安定な基底状態の存在を証明するとともに、核子を取りまく仮想中間子の束縛エネルギーを与える一般式を導いている。

さらに、系の全角運動量 J のほかに新しい量子数を導入して核子の励起状態の分析を容易にし、 $J=T=3/2$ の共鳴準位の実験値 1238 MeV と理論値から強結合理論の結合定数の値を定めている。この結合定数の値と共鳴準位の一般式から得られる次の励起状態は新しく発見された $J=T=1/2$ の共鳴準位 1480 MeV とよく一致することを見出している。さらに、高い励起状態の準位については、理論は実験値よりもかなり高い値を与える。ただし、散乱波の角分布の解析によって、これらの共鳴は入射中間子の D, F, ……波によるものであることがわかっているが、Pauli-Dancoff 理論では P 波だけによって励起状態が誘起さ

れるので、この問題を解決するには π 中間子間の相互作用などを新しく導入して比較検討する必要がある、この論文ではとくに議論はされていない。

最後に、著者はエネルギー準位を計算したときと同じ指数関数型の切断因子を核子に適用して、核子の荷電形状因子を求め、その平均二乗半径ならびに運動量に対する依存性は、電子-核子散乱の最近の実験結果とよく一致することを見出している。

参考論文その1は、相対論的な二体問題の Bethe-Salpeter 方程式が原理的には励起状態のエネルギー準位を定めることができないことを、水素原子を例にとり、高次の振幅の漸近的なふるまいを調べることによって証明したものである。

参考論文その2は、Einstein の重力理論における一様等方な宇宙の性質を、Friedman の模型と Tolman の模型という両極端の場合について詳細に調べ、これと Hoyle らの定常宇宙模型の結果とを比較検討したものである。

参考論文その3は、中性子星の構造を明らかにするために、原子核の質量公式を用いて極めて高密度の物質の状態方程式を決定し、これと一般相対論に基づいて低温の中性子星の質量と半径を求めたものである。

参考論文その4は、ポテンシャル障壁がある場合の粒子の量子力学に関するもので、JWKB 近似で求められた束縛状態のエネルギー準位と散乱の位相のずれを、量子効果を考慮することによって連続的につなぐ方法を論じたものである。

参考論文その5は、原子核の質量公式の中の表面張力の項の補正として中性子数と陽子数の差に依存する項を付加して、原子核の自然分裂の半減期に対するその影響を調べたものである。

参考論文その6は、一般に励起状態にある原子の構造に対して流体力学的な Bloch の模型を採用して、原子による光の弾性および非弾性散乱の断面積を求め、さらに、その公式を用いて非弾性散乱の全断面積を計算して Heisenberg の式との関係を調べたものである。

論文審査の結果の要旨

最近、核子族や中間子族の励起状態が数多く発見されたが、これらの状態を群論的に分類する理論がかなりの成功を収めている。しかし、その対称性の背後にあって基本粒子を記述する場ならびに粒子間の相互作用の形などはまだ明らかになっていない。このような段階では、具体的な粒子、例えば核子と π 中間子とに着目して、その散乱の共鳴状態を力学的な立場で分析することは重要であると思われる。

主論文は、以上の考えのもとに核子- π 中間子の系をとりあげ、その共鳴状態を核子の励起状態とみなす強結合理論の構造を詳細に調べ、また、この理論から導かれる核子のエネルギースペクトルと電磁的構造を実験結果と比較検討したものである。ここで強結合理論をとりあげた理由は、核子と中間子の相互作用が強いために従来の Fock 空間の考え方が有効でないことのほかに、入射中間子のエネルギーが高くて核子に与えられる運動量が小さい場合でも核子のまわりの仮想中間子が多数関与するような過程が無視できないという実験事実によったものである。

著者が強結合理論を展開するに際して、 π - π 相互作用を含まない Pauli-Dancoff 理論から出発して、

まず諸種の力学変数の物理的な内容とそのとりうる変域を明らかにしたことは着実な方法と考えられる。さらに、系の基底状態を記述するには従来の古典的な近似だけでは不十分であって量子効果を考慮する必要があることを示すとともに、仮想中間子の束縛エネルギーを与える式を導くことに成功している。

共鳴準位の解析には全角運動量のほかに新しい量子数を導入して見通しのよい議論を進め、 $J=T=3/2$ の共鳴準位の実験値 1238 MeV を与えるように結合定数の値を選ぶと、最近発見された $J=T=1/2$ の共鳴準位 1480 MeV が説明できるという興味ある結果を得ている。最後に、著者は核子の荷電形状因子を与える公式を導き、その平均二乗半径ならびに運動量に対する依存性は、高エネルギーの電子と核子の散乱の実験結果とよく一致することを示している。

以上の主論文は、強結合中間子論から導かれる核子の励起状態と荷電形状因子を明らかにしたものであり、素粒子物理学の理論の発展に寄与するところが少なくない。なお、参考論文はいずれも、著者が場の量子論、原子核理論および一般相対性理論の広い分野にわたって豊富な知識とすぐれた研究能力をもっていることを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。